

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 55-044949

(43)Date of publication of application : 29.03.1980

(51)Int.Cl.

G01M 11/00
G01N 21/41

(21)Application number : 53-118414

(71)Applicant : NIPPON SHEET GLASS CO LTD

(22)Date of filing : 25.09.1978

(72)Inventor : YAMAMOTO NOBORU

IGA KENICHI

OSHIMA SHIGERU

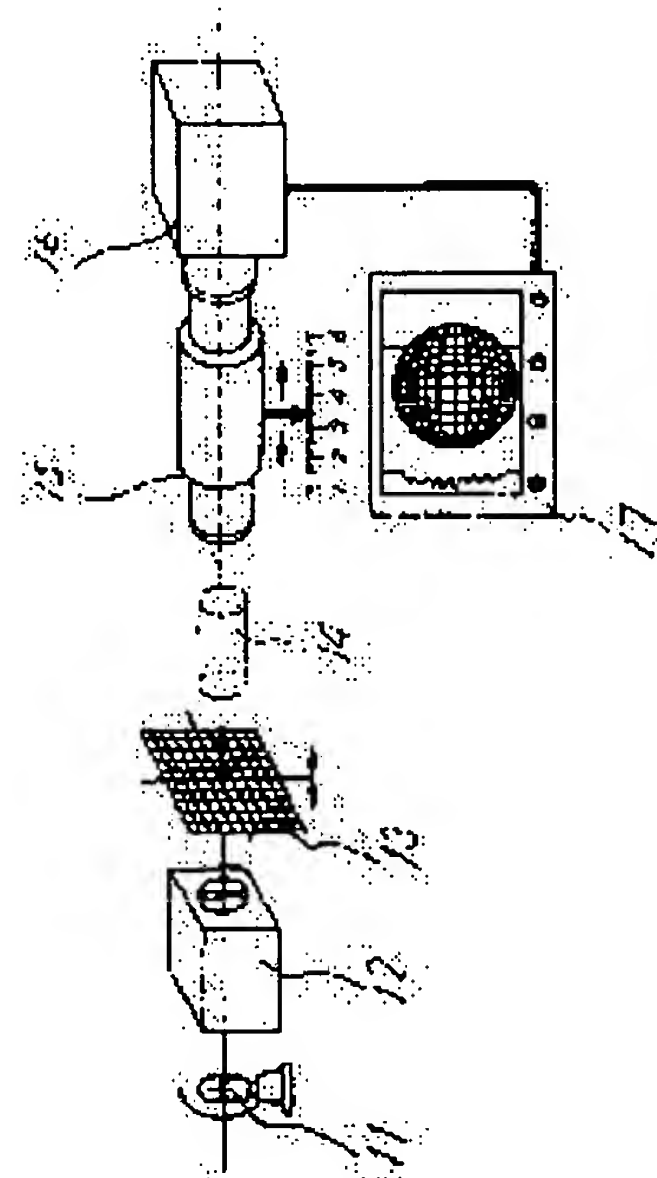
NISHIZAWA KOICHI

(54) MEASUREMENT OF REFRACTIVE INDEX DISTRIBUTION OF CYLINDRICAL LENS HAVING REFRACTIVE INDEX GRADIENT

(57)Abstract:

PURPOSE: To measure the aberration simply and promptly from the distortion aberration and the curvature of field of the image of a standard pattern, which is focused through a lens medium to be tested.

CONSTITUTION: A white light source 11 is adjusted to have a monochroic light by a monochrometer 12, and a grating fringe 13 is focused through a lens medium 14 to be tested so that the focused image is observed by means of a microscope 15 which has its focal plane (for observation) in the direction of the optical axis. A TV camera 16 is connected with the microscope so that the image pattern is observed by means of a monitor TV set 17. A brightness distribution along the scanning line in the vertical direction appears as the pattern on the monitor TV so that the most clear image may be attained. Thus, the aberration is determined from the distortion aberration and the curvature of field.



LEGAL STATUS

⑩ 日本国特許庁 (JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報 (A)

昭55—44949

⑬ Int. Cl.³
G 01 M 11/00
G 01 N 21/41

識別記号

庁内整理番号
2122—2G
7458—2G

⑭ 公開 昭和55年(1980)3月29日

発明の数 1
審査請求 未請求

(全 8 頁)

⑮ 屈折率勾配を有する円柱状レンズの屈折率分布の測定方法

横浜市緑区長津田町4259東京工業大学精密工学研究所内

⑯ 特 願 昭53—118414

⑰ 発 明 者 大島茂

横浜市緑区長津田町4259東京工業大学精密工学研究所内

⑱ 出 願 昭53(1978)9月25日

⑲ 発 明 者 西沢紘一

特許法第30条第1項適用 昭和53年3月29日
電子通信学会総合全国大会において発表

川西市萩原台東1丁目215

⑳ 発 明 者 山本昇

㉑ 出 願 人 日本板硝子株式会社

横浜市緑区長津田町4259東京工業大学精密工学研究所内

大阪市東区道修町4丁目8番地

㉒ 代 理 人 弁理士 大野精市

㉓ 発 明 者 伊賀健一

明 細 書

1. 発明の名称

屈折率勾配を有する円柱状レンズの屈折率分布の測定方法。

2. 特許請求の範囲

式(1)で近似される屈折率分布(ただし、 a および b は既知)と長さ l を有する円柱状レンズの入射面から距離 a はなれ光軸から x_0 の距離にある物点を置き、この物点からレンズに入射した光が出射端面から距離 $l(l+a)$ だけ離れた像面と点 x_p で交わるとき、 a 、 b 、 c 、 x_p 、 x_0 の値を式(1)~(7)に代入することにより式(1)中の定数 k_0 を求めることを特徴とする屈折率勾配を有する円柱状レンズの屈折率分布の測定方法。

$$n^2(r) = n^2 \left[1 - (gr)^2 + k_4(gr)^4 \right] \dots (1)$$

$$x_p = mx_0 + mHK_2 g^2 x_0^3 \dots (2)$$

$$K_2 = \frac{\{2Ak^2 + B(1+k^2)\}^2}{3\{3A(1+k^2)\}^2} - Bk^2$$

$$- \frac{E}{D} \left[\frac{\{2Ak^2 + B(1+k^2)\}^2}{3A(1+k^2)} - (A+2B)k^2 \right] \dots (3)$$

$$k = \frac{1}{g a n} \dots (4)$$

$$A = 2 \sin^2 g b + \left(k + \frac{1}{k}\right) g b - \left(k - \frac{1}{k}\right) \sin g b \cos g b \dots (5)$$

$$B = \sin^2 g b + k g b - k \sin g b \cos g b \dots (6)$$

$$D = 2 \sin^2 g b - \left(k - \frac{1}{k}\right) \sin g b \cos g b - 1 \dots (7)$$

$$E = \sin^2 g b - k \sin g b \cos g b - 1 \dots (8)$$

$$H = -\frac{3}{4} \left(k_4 - \frac{2}{3}\right) \dots (9)$$

(/)

(2)

1 発明の詳細な説明

本発明は、中心軸からの距離の2乗に反比例して次第に減少する屈折率分布を有する円柱状レンズ状媒質の屈折率分布を測定する方法に関するものである。

近年ビデオディスク装置などのように記録媒質を高密度で記録されている情報をレーザー光などで読み出す装置が開発されているが、この場合レーザー光を微小なスポットに集光させる目的や、レーザーダイオードから発光するレーザー光をコリメートし、細い平行ビームを作る目的などにレンズ状媒質を応用するという提案がなされてきた。

レンズ状媒質は通常の球面レンズ系に比して、小径径量という特徴をもち、更に平面研磨でレンズになるため、量産性にすぐれ、低価格化が期待できるなど、技術的、経済的に大きな効果をもつとされている。

これらの目的を満足させるためのレンズ状媒質の屈折率分布は厳密なコントロールが必要である。

たとえば、レンズ状媒質の中心軸から半径方向

(3)

である r_0 をコントロールしなければならないことがわかる。

従来このような円柱状レンズ状媒質の屈折率分布を測定する方法としては、中心軸に対して直角方向に切斷研磨した薄片試料を干渉顕微鏡で観察し薄片試料を透過してくる光線の位相差から、半径方向の屈折率を測るものであった。最近非破壊的に円柱状レンズ状媒質を中心軸に直角に光線を透過させ、干渉顕微鏡下で観察し媒質中の屈折率分布を求める方法も提案されている。いずれの場合も精度は高いが、前者の場合は測定試料を作成することが困難であり、後者の場合は屈折率分布の計算に時間がかかるなどの欠点があった。またレンズ状媒質はその量産性に大きな特徴をもっている反面、光学特性の厳密なコントロールを必要とする面あり、四次項収差の量をオンラインで迅速に測定する方法が切望されていた。

すなわち四次項収差量について全数検査が迅速に、かつ低コストでできる方法があれば、レンズ状媒質の量産性の特徴は生かされ、従来の球面レ

(5)

特開 昭55-44949 (2)

の距離 r に於ける屈折率分布 $n(r)$ は式(1)のように近似させることができる。

$$n^2(r) = n^2 \left\{ 1 - (gr)^2 + R_4 (gr)^4 \right\} \quad \text{---(1)}$$

ただし、 n は中心軸上の屈折率、 g 、 R_4 は常数である。

いま、レンズ状媒質にその光軸に平行に入射させた光をレンズの出射端面上にスポットを結ばせたい時には R_4 を $2/3$ にしなければならぬ。

またスポットを出射端面より z の位置に結像させたい時には R_4 は次の式(2)を満足しなければならぬ。

$$R_4 = \frac{2}{3} \left[1 + \frac{2N^3 - \left\{ g^2 L^2 N^2 + \left(\frac{N}{n(z)} \right)^2 \right\} g L N}{\left\{ g^2 L^2 N^2 \left(\frac{n(z)}{N} \right)^2 + 1 \right\} g L \left(\frac{N}{n(z)} \right) + g L N} \left\{ g^2 L^2 N^2 + \left(\frac{N}{n(z)} \right)^2 \right\} \right] \quad \text{---(2)}$$

但し、 L はレンズ状媒質の長さ、 $n(z)$ は中心軸上の屈折率、 N はレンズ周辺の屈折率である。

逆に点光源(レーザーダイオードの発光)を平行ビームにコリメートする場合も同様である。

以上の如く、集束用ないしコリメート用のレンズとしてレンズ状媒質を用いる場合、四次の係数

(4)

レンズの組合せタイプの光学系に匹敵する光学特性をもつレンズ状媒質の大量生産が可能となる。

本発明はレンズ状媒質によって得られる像の収差に着目し簡単に迅速な収差測定を提供するものである。

式(1)であらわされるレンズ状媒質の屈折率分布の4次項まで考えると、この係数 R_4 によって結像した像の収差が生ずる。

本発明は一定間隔の格子線などの標準パターンなどの物体の像を被験レンズ状媒質を通して結像させ、その歪曲収差、像面湾曲などから R_4 の値を測定しようとするものである。

第1図のようにレンズ状媒質(集束形ファイバレンズ)に対して x 、 y 、 z 軸を考え(但し z 軸はレンズ状媒質の光軸に一致)、 x 、 y 面内での子午面光線を考える。

まず長さ l のレンズ状媒質ノから距離 z_0 だけ離れた所(物体)を Q を置き、光軸から z_0 の高さの物点から出た光が、 x_1 で入射し、レンズ状媒質から出射後、距離 $c + d$ だけ離れた像面 J と x_p で交わ

(6)

るとする。

収差がない時には物体Jの像は出射面から距離cだけ離れた、軸に直交の平面の像面上にでき、入射位置 x_1 によらず mx_0 で交わる。(但しmは理論上の倍率である。)

次に屈折率分布が無収差の理想分布から、ずれると第1図および第2図に示すように理想像面Jからずれた再曲面J'上に最も鮮明な像J'が得られる。このときx方向での像の収差($x_p - mx_0$)、および、y方向での像の収差yは次式(3)、(4)となる。

$$g(x_p - mx_0) = mH \left[K_1 \{ g x_1 - d(g x_0)^2 \} + K_2 (g x_0)^3 \right] \quad (3)$$

$$c\delta = CHK_2 (g x_0)^2 \quad (4)$$

ただし

$$H = -\frac{3}{4} \left(R_1 - \frac{2}{3} \right) \quad (5)$$

$$K_1 = A(1+k^2) \quad (6)$$

$$K_2 = \frac{\{2AR^2 + B(1+k^2)\}^3}{3\{3A(1+k^2)\}^2} - BR^2$$

$$- \frac{E}{D} \left\{ \frac{\{2AR^2 + B(1+k^2)\}^2}{3A(1+k^2)} - (A+2B)R^2 \right\} \quad (7)$$

(7)

たとえば物体距離aを $1/g$ とした場合について、レンズ状媒質の長さを変化させた時のレンズ長さに対する各収差係数、理想像面距離c、倍率mの変化は第3図に示すようになる。図からレンズ長さgが $3/4, 1/2, 1/4$ なる蛇行ピッチの所で像の歪曲が除去でき、像面の再曲面が最小に近くなり、像面は出射端面附近にできることなどがわかる。

次に歪曲収差について説明する。

式(3)の右辺の第1項を零とするような光線(ボケを作り点像の中心を通る光線)を考えると式(3)は次のようになる。

$$x_p = mx_0 + mHK_2 g^2 x_0^3 \quad (15)$$

4次係数パラメータHと歪曲収差の程度を表わす係数 k_2 との積 HK_2 が零の時は $x_p = mx_0$ となり第4図に示すように一定間隔の格子縞を物体としたときその像は元と同様の形であり歪はない。しかし $HK_2 < 0$ の時には x_0 の大きい外側の格子縞ほど大きく変位するので格子縞パターン像は第

(8)

$$K_3 = \frac{1}{D} \left\{ \frac{\{2AR^2 + B(1+k^2)\}^2}{3A(1+k^2)} - (A+2B)R^2 \right\} \quad (8)$$

$$d = \frac{2AR^2 + B(1+k^2)}{3A(1+k^2)} \quad (9)$$

$$k = \frac{1}{g a m} \quad (10)$$

$$A = 2 \sin^2 g b + \left(k + \frac{1}{k}\right) g b - \left(k - \frac{1}{k}\right) \sin g b \cdot \cos g b \quad (11)$$

$$B = \sin^2 g b + k g b - k \sin g b \cdot \cos g b \quad (12)$$

$$D = 2 \sin^2 g b - \left(k - \frac{1}{k}\right) \sin g b \cdot \cos g b - 1 \quad (13)$$

$$E = \sin^2 g b - k \sin g b \cdot \cos g b - 1 \quad (14)$$

ここで k_1 は像のボケの大きさを表わし、 k_2 は像の歪曲の大きさと変形の状態を示し、 k_3 は像面の再曲面の大きさとその方向を示す。dは分布収差を受けない光線の入射位置を示す。

式(3)の右辺の第一項は、像のボケを与える。これは x_0 がゼロとなる光軸上の物点についても存在するのでこれは通常のレンズの球面収差に相当する。

(8)

4図に示すように帰型となる。 $HK_2 > 0$ のときは逆に第5図に示すように帰型となる。

次に像面再曲面について説明する。

式(4)において4次係数パラメータHと像面再曲面の程度を表わす係数 k_3 との積 HK_3 がゼロのとき $c\delta = 0$ となり第5図に示すように像面は平面となる。

しかし $HK_3 < 0$ のとき $c\delta < 0$ となり第5図に示すように光線の進行(→軸の正方向)とは逆の向きに凹いた再曲面した像面となる。 $HK_3 > 0$ のときはその逆に第5図に示すように光線の進行方向に凹いた再曲面した像面となる。

ここでレンズ状媒質の長さを蛇行ピッチ($2\pi/g$)の $1/4, 1/2, 3/4, 1$ とした時の像の状態を表にまとめる。

たとえば長さが $1/4$ 蛇行ピッチのとき、倒立の実像ができ、分布の4次項係数 k_4 が $2/3$ より小さい場合は帰型の像となり再曲面は光線の進行方向とは逆向きに凹いている。

(10)

そこで本発明による収差測定法について説明する。第4図に示すように物体すなわち被測定する標準パターンとしては一定間隔 $\frac{\lambda}{2}$ の格子縞 γ/γ を用いる。光軸上の格子縞 γ/γ に注目し、長さ b のレンズ γ/γ の入射端面と物体との距離 a を変えて格子縞の像 γ/γ が最も鮮明になるような結像位置 c を測定する。これを何回か繰返すことにより結像関係式(17)、(18)

$$\frac{c}{a} = \frac{\frac{\sin gb}{gan} + \cos gb}{gan \sin gb - \cos gb} \quad (17)$$

$$m = \frac{1}{-gan \sin gb + \cos gb} \quad (18)$$

から g および m の値を求める。ただし a はあらかじめ測定しておく。なお g 、 m の値は他の公知の方法で測定してもよい。

次に a を一定として例えば x_0 である g 番目の格子縞 $(+g)$ に注目してその最も鮮明な像が得られるように観測平面を理想像面から動かしたこの時の理想像面からの移動量 $c\delta$ と g 番目の格子縞 $(+g)$

(11)

蛇行ピッチ)、直径 γ/γ のプラスチック製屈折勾配型円柱レンズの屈折率分布四次係数 b_4 を格子縞間隔 γ/γ の標準パターンを用いて測定した。

パターンとレンズ端面との距離を 7.87 mm ($g=0$ となるようにした)としたところ、像面距離 $c = 0.87 \text{ mm}$ であった。そして $x_0 = 5.00 \text{ mm}$ としたところ $x_p = 0.80 \text{ mm}$ であった。これらの値を式(17)、(18)に入れて、 $m = -0.25$ および $b_4 = -1.77$ が得られた。なお干渉法で測定した b_4 の値は -2.5 であった。

表

長さ(蛇行ピッチ)	$\frac{1}{4}L_p$	$\frac{1}{2}L_p$	$\frac{3}{4}L_p$	$1L_p$
像	実像	虚像	実像	虚像
像の向き	倒立	倒立	正立	正立
$b_4 > \frac{2}{3}$	歪曲収差	永巻型	棒型	永巻型
	像面湾曲			
$b_4 < \frac{2}{3}$	歪曲収差	棒型	永巻型	棒型
	像面湾曲			

$$\gamma/\gamma \text{ 蛇行ピッチ } L_p = \frac{2\pi}{g}$$

(13)

の高さ x_p を測定する。

そして a 、 b 、 c 、 x_0 、 x_p 、 m 、 g 、 b_4 の値を歪曲収差に関する式(17)、(18)に入れて分布の4次項係数 b_4 を求めることができる。また a 、 b 、 c 、 x_0 、 g 、 b_4 を像面湾曲に関する式(17)、(18)に代入しても b_4 の値を求めることができる。

この収差試験に用いる収差測定装置の概略図を第7図に示す。白色光源 γ/γ をモノクロメーター γ/γ で単色化し格子縞 γ/γ を被験レンズ状被験物 γ/γ で結像させ、その像を光軸方向に焦点面(観測面)を移動できる顕微鏡 γ/γ で観測する。顕微鏡にはテレビカメラ γ/γ を接続し像のパターンをモニターテレビ γ/γ で観測する。モニターテレビ上のパターンを縦方向のスキヤニングラインに沿った輝度分布が表われ、最も鮮明な像の位置を決定することができる。

次に本発明を実施例について説明する。

中心軸における屈折率 $n = 1.475$ 、屈折率分布二次係数 $g = 0.3/\text{mm}^{-1}$ 、長さ $b = 5.00 \text{ mm}$ (γ/γ)

(12)

図面の簡単な説明

第1図および第2図はそれぞれ屈折率勾配型レンズによる像の収差を説明する側面図および斜視図、第3図は上記レンズの長さ b と各収差係数、基準化像面距離、倍率との関係を示すグラフ、第4図および第5図はそれぞれ歪曲収差と像面湾曲を説明する図面、第6図は本発明の一実施例を示す側面図、第7図は本発明を実施するための装置の一例を示す斜視図である。

1、14 屈折率勾配を有する円柱レンズ
2、13、21 ... 物体
3、7、22 ... 像

特許出願人 日本板硝子株式会社
代理人 弁護士 大野 精 市

(14)

図1

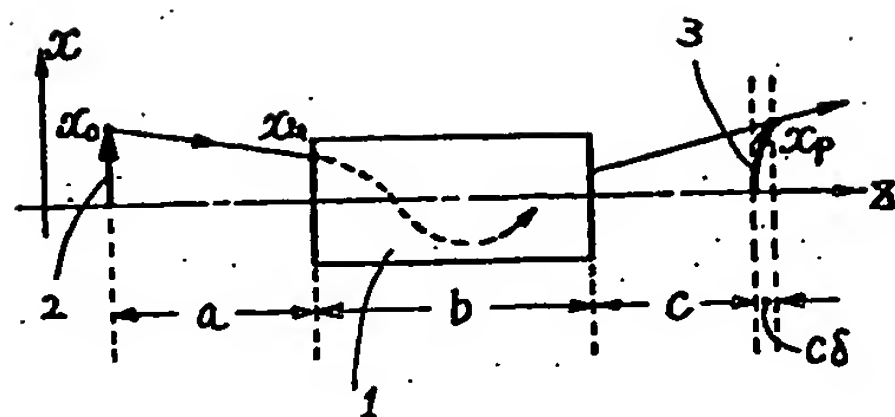


図2

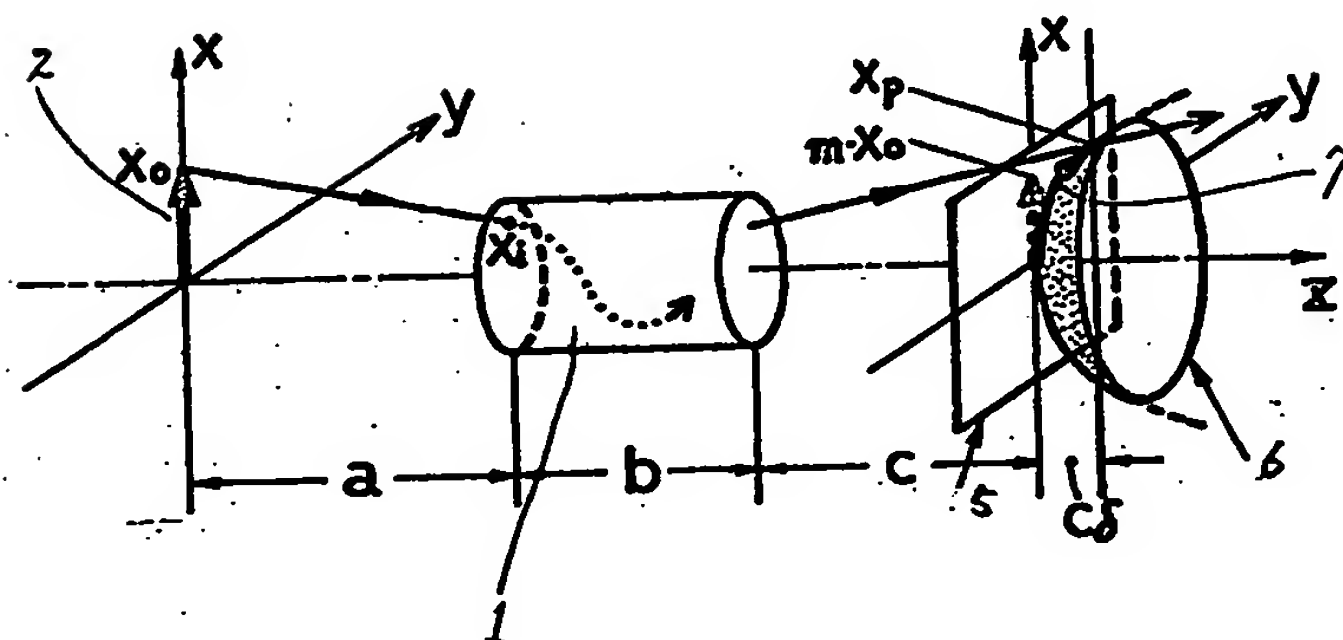
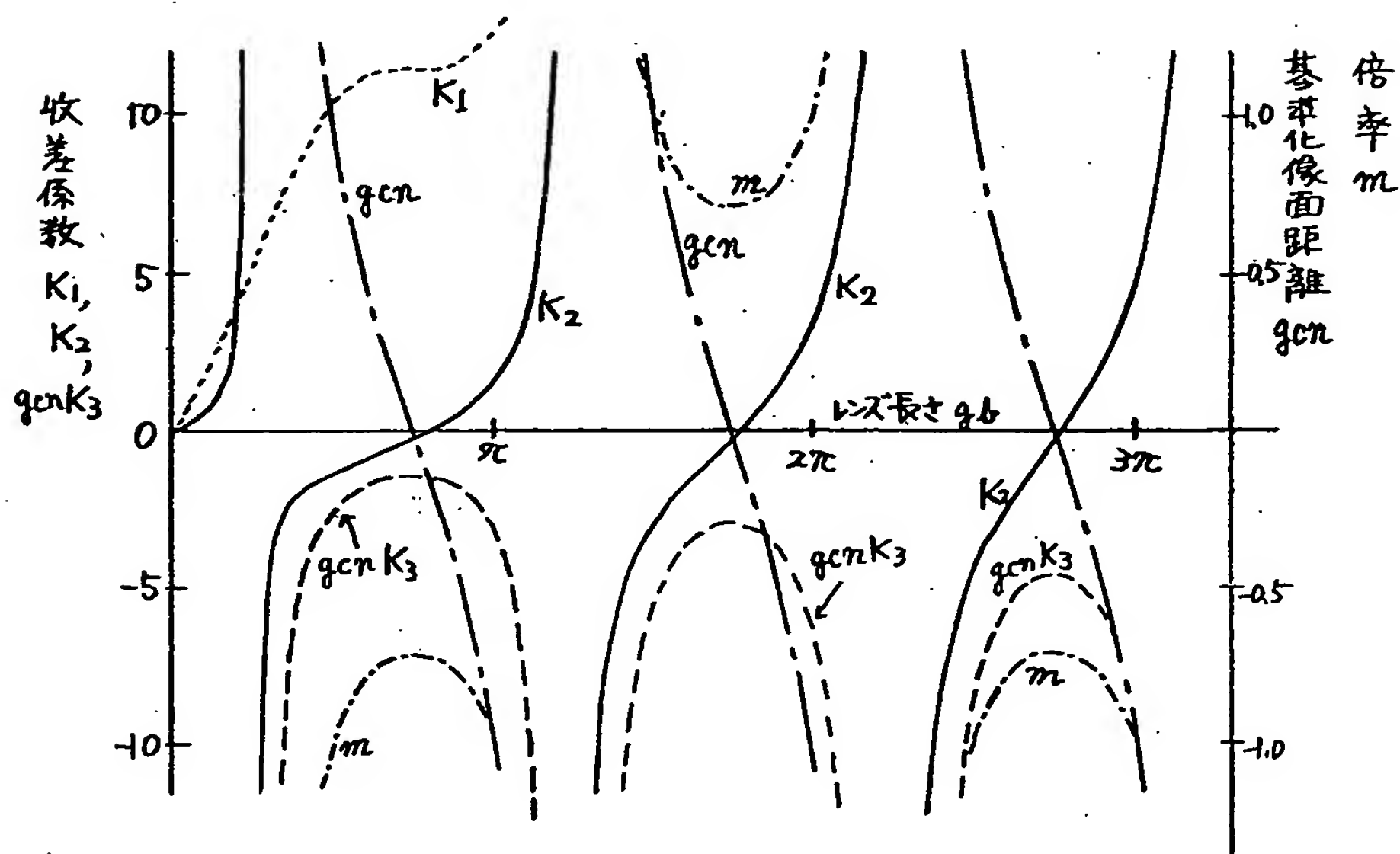


図3



手続補正書

昭和53年10月3日

特許庁長官殿

1. 事件の表示

昭和53年9月25日提出の特許願

2. 発明の名称

屈折率勾配を有する円柱状レンズの屈折率分布の測定方法

3. 補正をする者

事件との関係 特許出願人

住所 大阪府大阪市東区道修町4丁目8番地

名称 (400) 日本板硝子株式会社

代表者 菅沼俊彦

4. 代理人

住所 大阪市東区道修町4丁目8番地

日本板硝子株式会社内

氏名 弁理士(6908)大野 精 市

5. 補正命令の日付

自 発

6. 補正の対象

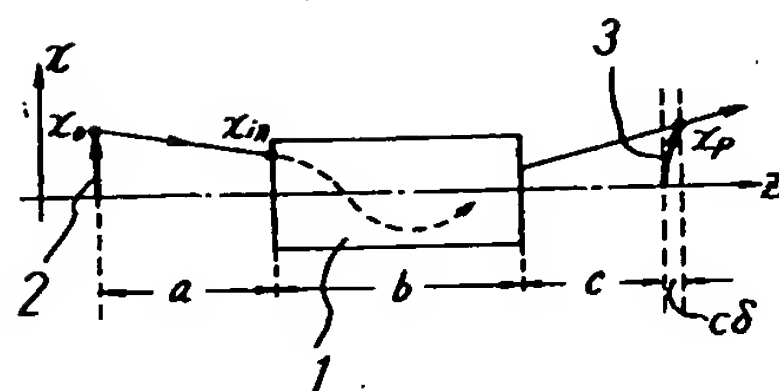
図 面

7. 補正の内容

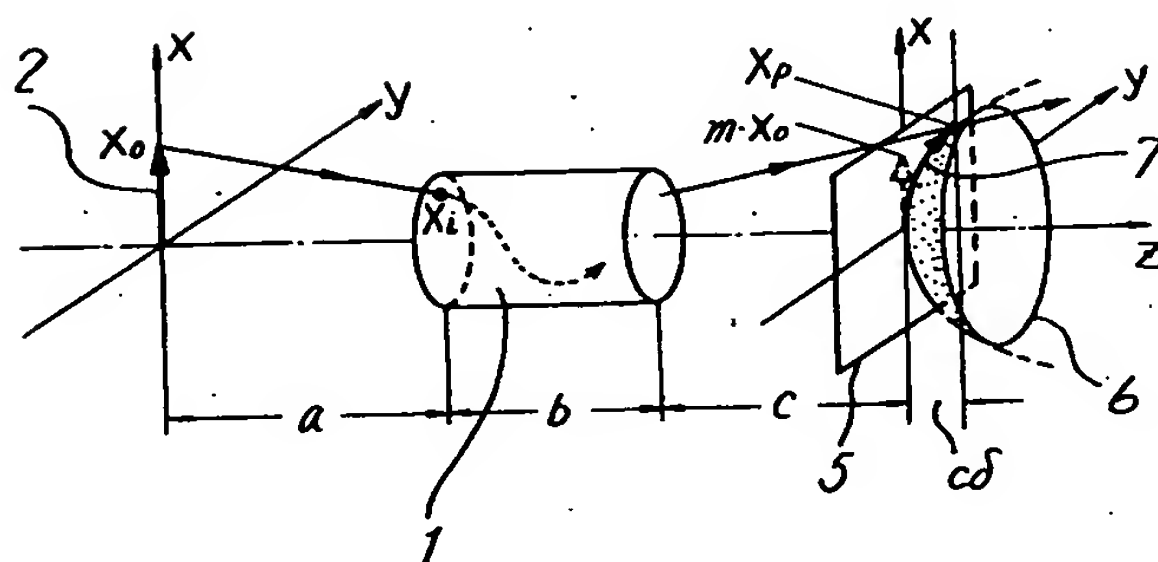
別紙の通り



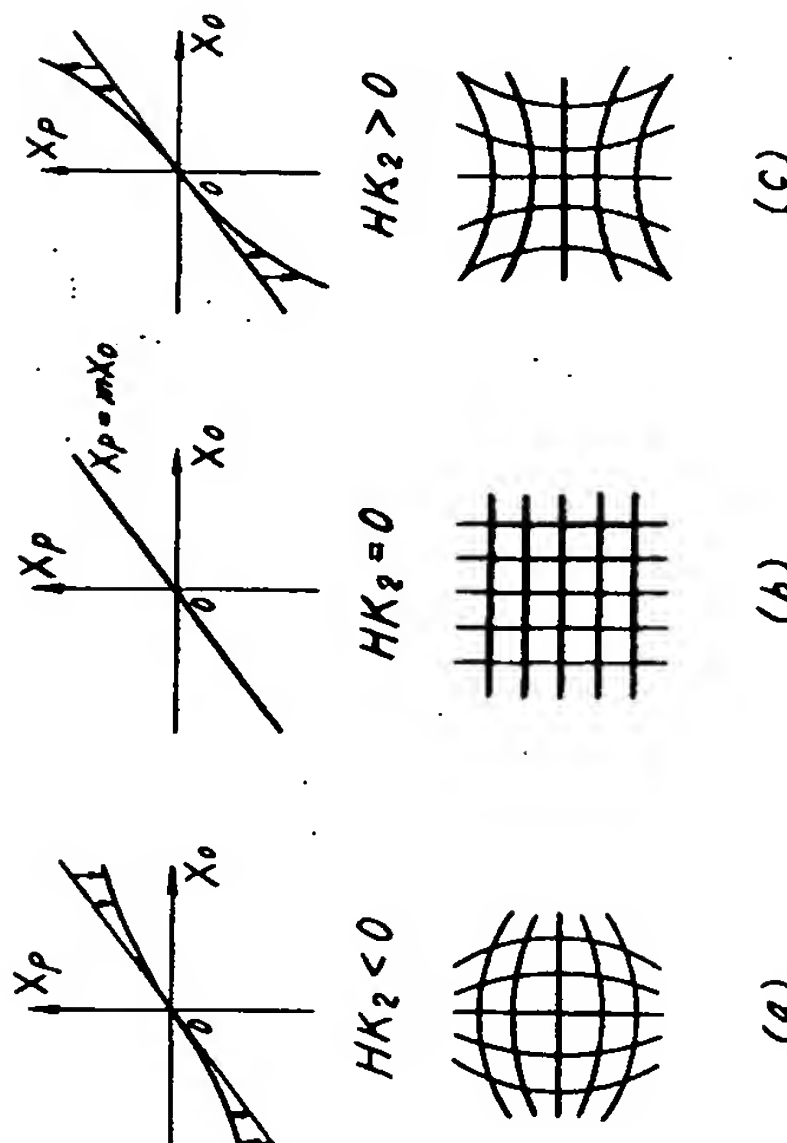
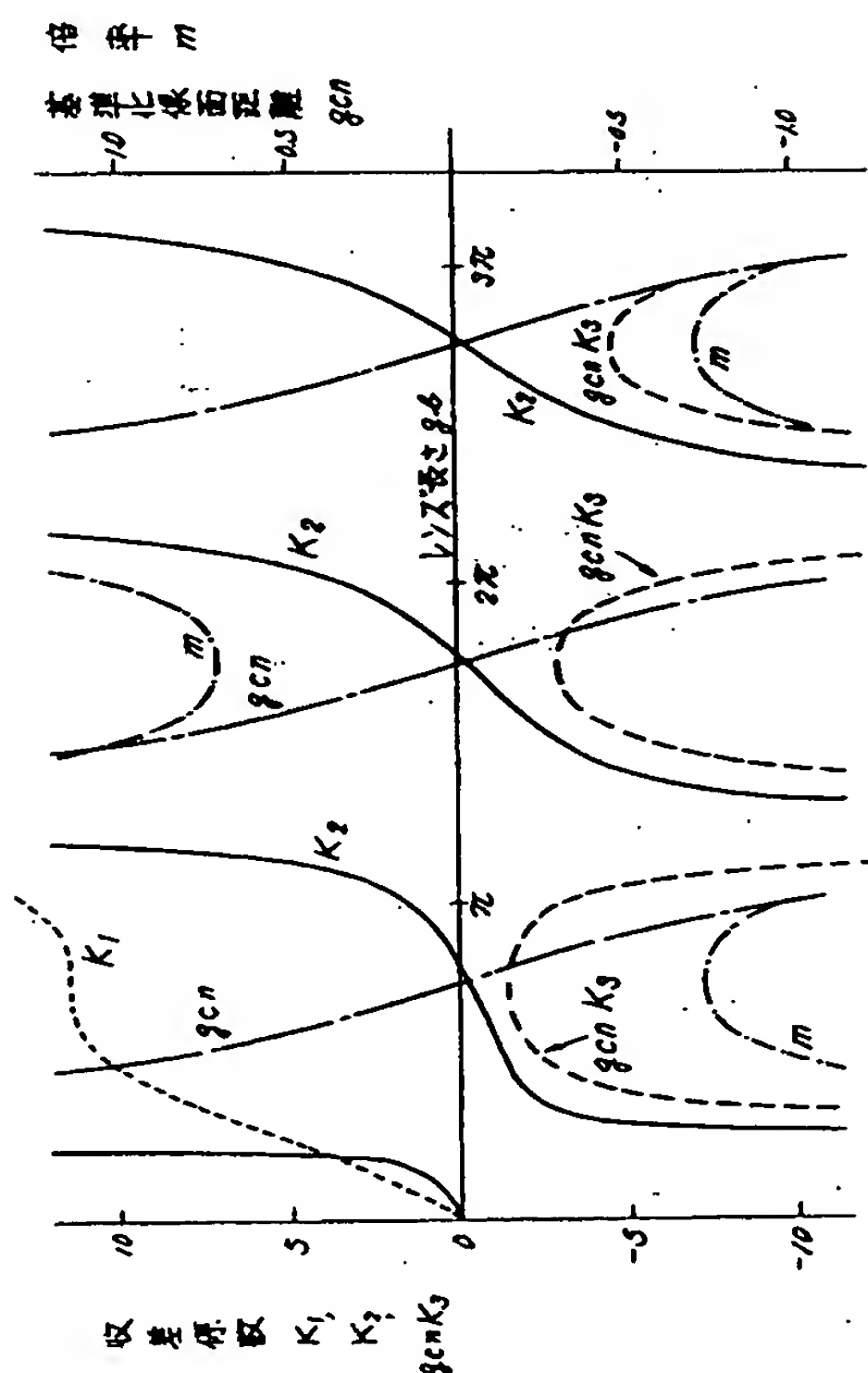
オ1図



オ2図



オ3図



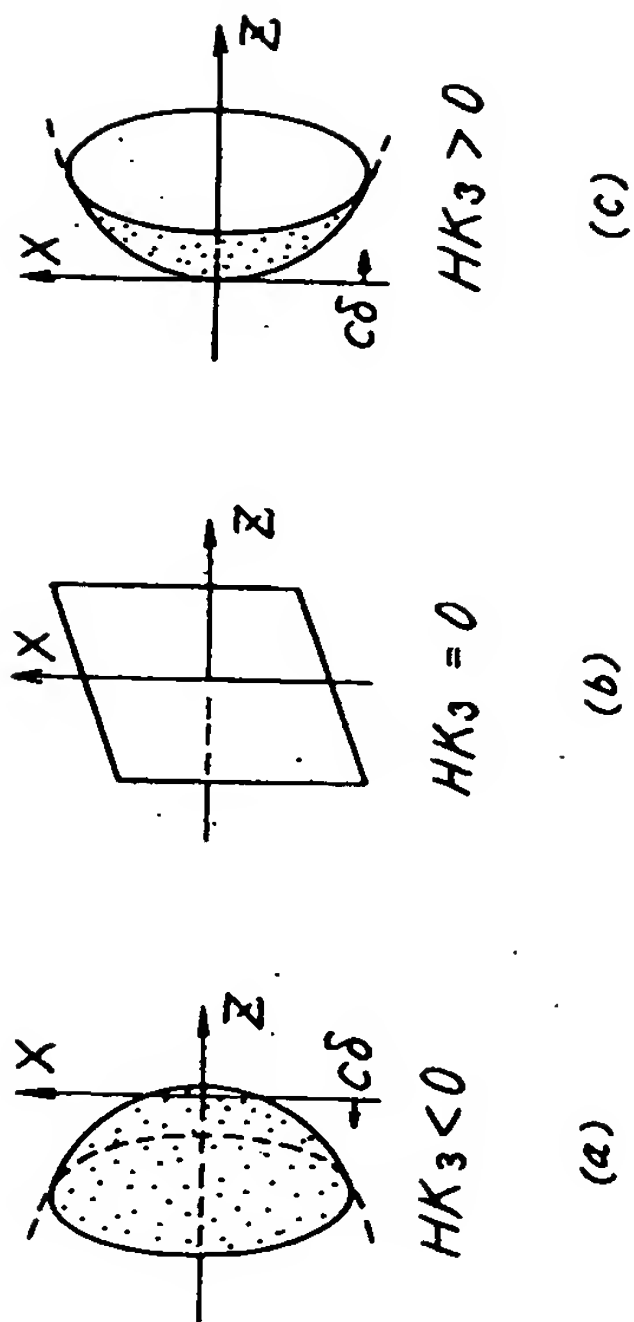


図 5

図 6

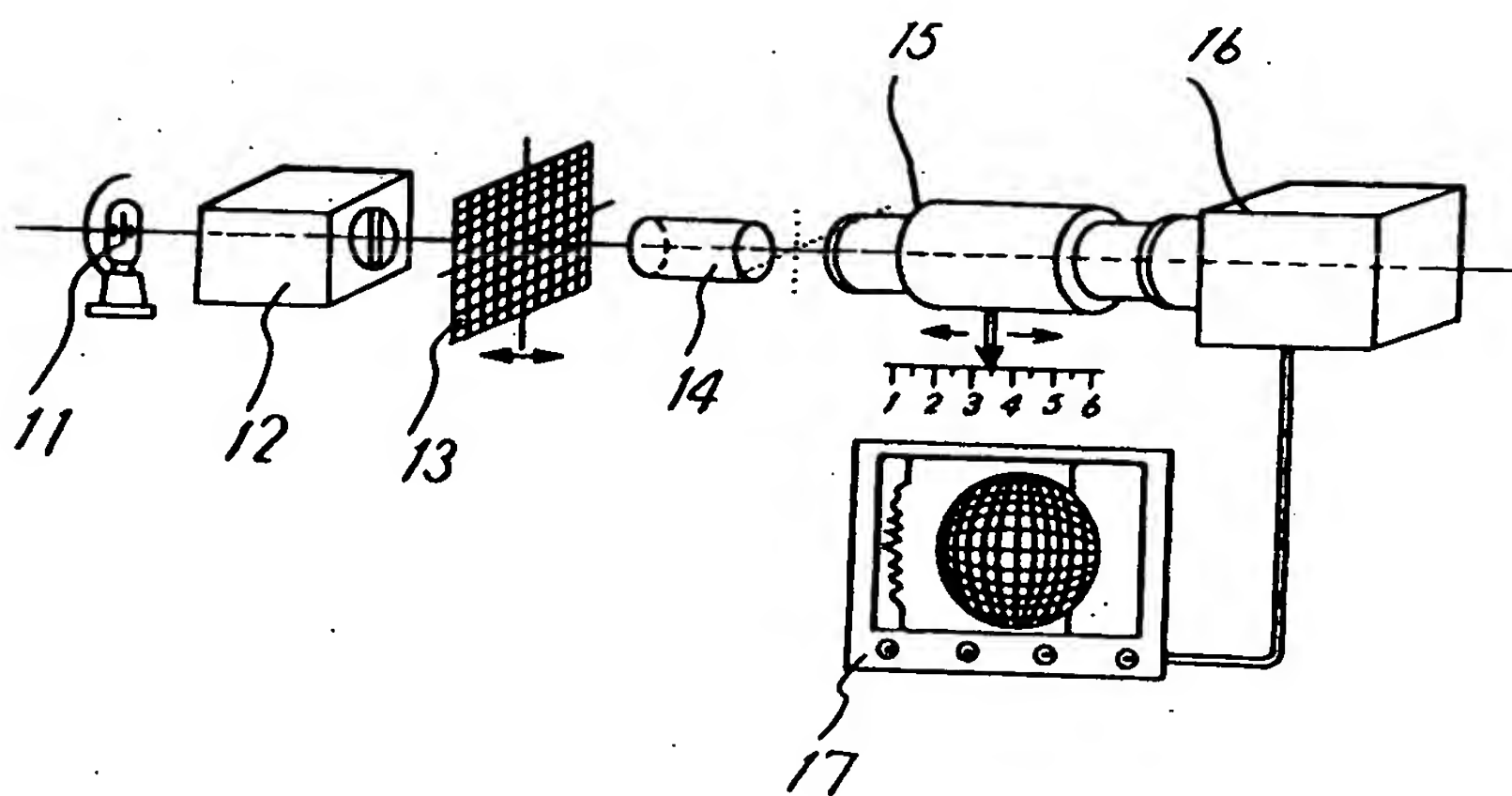
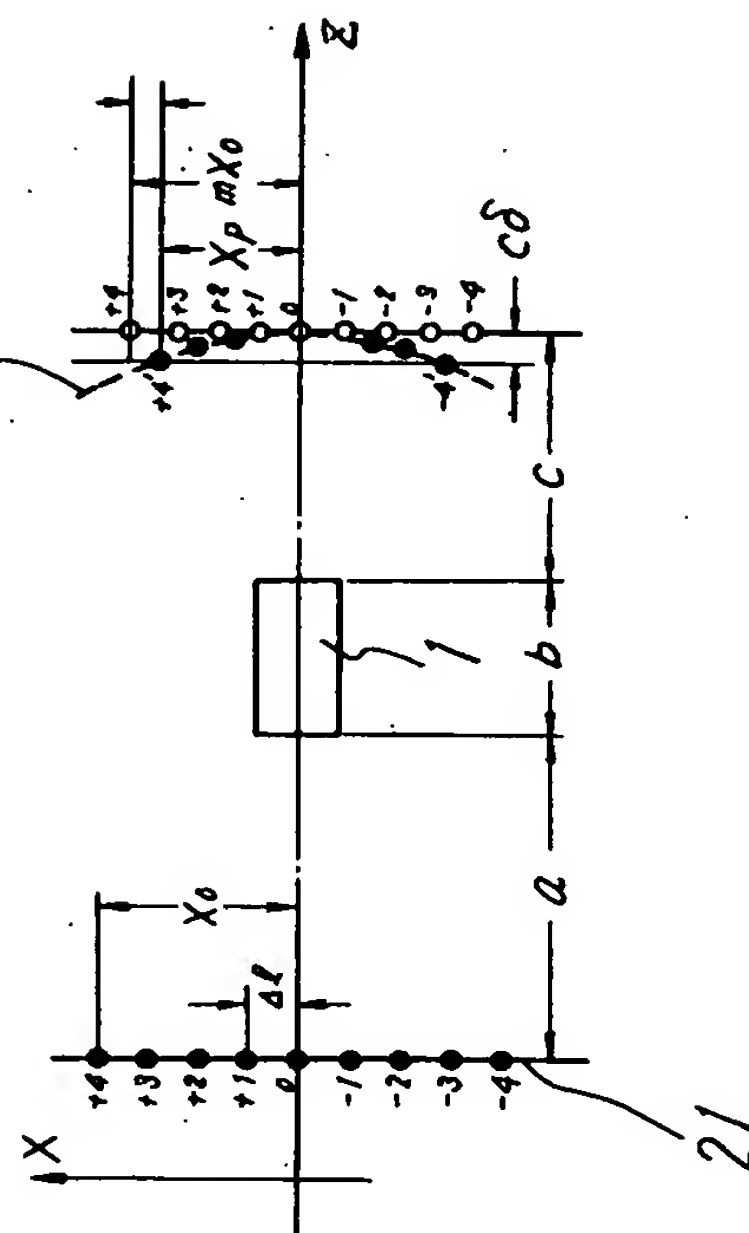


図 7